

УДК 612.826

ФИЗИОЛОГИЯ

Дж. С. Саркисян, академик АН Армянской ССР В. В. Фанарджян

Возбуждение рубро-спинальных нейронов кошки,
вызванное стимуляцией ядер задних столбов

(Представлено 23/VII 1982)

В настоящее время красное ядро (КЯ) может рассматриваться не только как моторный центр, находящийся на выходе мозжечково-корковой петли и интимно связанный с контролем двигательной активности (¹⁻³), но и как рефлекторный центр, осуществляющий интеграцию периферической соматосенсорной информации (⁴⁻⁵). В ряде работ установлено наличие экстрамозжечковых и экстракорковых путей передачи соматосенсорной импульсации в КЯ, обнаружены промежуточные нейроны в пределах КЯ и показано их вовлечение при активации рефлекторных дуг (⁶⁻¹²).

При анализе восходящих путей передачи соматосенсорной информации в КЯ особое внимание привлекают ядра задних столбов (нежное ядро—п. gracilis (N. Gr) и главное клиновидное ядро—п. cuneatus (N. Cnp)) как наиболее вероятные передаточные инстанции для отмеченных афферентных влияний. Основанием для такого заключения послужили результаты электрофизиологических исследований, показавшие роль задних столбов спинного мозга в передаче соматосенсорной информации к КЯ (^{11,13}), а также морфологические работы, установившие наличие прямых проекций из ядер задних столбов в КЯ (¹⁴⁻¹⁶).

В ранее проведенных нами электрофизиологических исследованиях (^{17,18}) по нисходящим проекциям КЯ кошки было показано коллатеральное ветвление аксонов рубро-спинальных нейронов ко многим структурам ствола мозга, в том числе и к ядрам задних столбов. Целью настоящей работы явилось изучение восходящих влияний на КЯ посредством анализа синаптических процессов, возникающих в рубро-спинальных нейронах при стимуляции ядер задних столбов.

Опыты проводили на взрослых кошках, наркотизированных хлоралозой и нембуталом (60 и 20 мг/кг, соответственно, внутривенно). Операционная подготовка животного, подход к КЯ и методика внутриклеточного отведения электрической активности из нейронов КЯ описаны ранее (^{8,9,17}). Рубро-спинальные нейроны идентифицировались по антидромному возбуждению на стимуляцию контралатерального рубро-спинального тракта (RST) на уровне второго шейного сегмента (C₂) спинного мозга. Раздражающие вольфрамовые биполярные электроды вводились стереотаксически в ростральные отделы

контралатеральных ядер задних столбов (N. Cui и N. Gr). Местоположение кончиков раздражающих электродов контролировалось гистологически.

В КЯ была зарегистрирована активность 102 нейронов; все они были идентифицированы как рубро-спинальные. У 63 нейронов одиночное раздражение ядер задних столбов вызывало деполяризацию (ВПСП), легко переходящую в потенциалы действия (ПД). У 20 рубро-спинальных нейронов ВПСП удалось зарегистрировать в изолированном виде. На стимуляцию N. Cui ВПСП характеризовались латентным периодом 0,9—4,0 мс (в среднем $2,34 \pm 1,16$; $n=20$), временем нарастания 0,8—2,6 мс и общей длительностью 4,5—15,2 мс. На стимуляцию N. Gr латентные периоды возникновения ВПСП колеба-

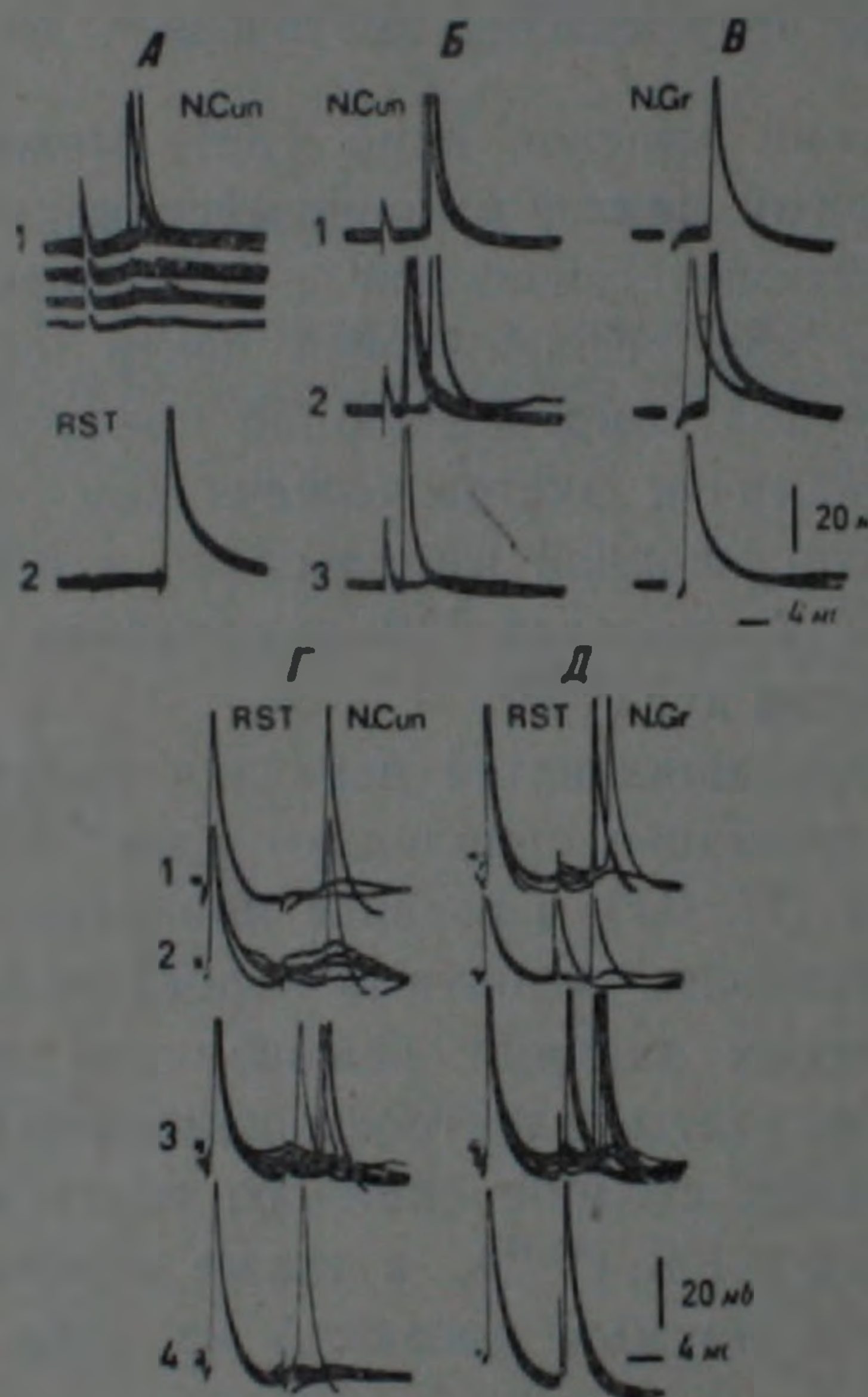


Рис. 1. Антидромная и синаптическая активация рубро-спинальных нейронов, вызванная раздражением ядер задних столбов.

А—В и Г—Д—два разных нейрона. Снизу вверх (А₁) и сверху вниз (Б—Д) усиление интенсивности раздражения ядер задних столбов. А₁—градуальное увеличение ВПСП, приводящее к генерации ПД; А₂—антидромный ПД, возникающий на раздражение области С₂. Б—В—ортодромные ПД (1), попеременное возникновение последовательности антидромных и ортодромных ПД (2), изолированное выявление антидромных ПД (3). Г, Д—первый стимул—антидромные ПД на раздражение рубро-спинального тракта; второй стимул—ортодромные и антидромные ПД на стимуляцию ядер задних столбов: ортодромные ПД (1, 2), попеременное возникновение последовательности антидромных и ортодромных ПД (3), изолированное выявление антидромных ПД (4). Здесь и на последующих рисунках потенциалы зарегистрированы наложением 5—40 пробегов луча при использовании усилителя постоянного тока. Обозначение областей раздражения: RST—рубро-спинальный тракт, N. Cui—главное клиновидное ядро, N. Gr—нежное ядро.

лись в пределах 1,17—3,6 мс (в среднем $2,33 \pm 0,99$ мс; $n=20$), время их нарастания составляло 1,2—2,5 мс, а общая длительность—5,0—15,0 мс. На раздражение обоих ядер максимальная амплитуда

ВПСП, еще не приводящая к генерации ПД, достигала 12 мв. Часть из отмеченных ВПСП при градуальном увеличении интенсивности раздражения характеризовалась отсутствием изменения длительности латентного периода, времени нарастания и общей длительности, что говорит об их моносинаптическом происхождении (рис. 1, A_1 , $\Gamma-D_{1,2}$).

Моносинаптические ПД на раздражение N. Cui возникали с латентным периодом 1,2—5,6 мс (в среднем $2,14 \pm 1,76$ мс; $n=54$), на стимуляцию N. Gr—1,25—4,95 мс (в среднем $2,95 \pm 1,06$ мс; $n=45$) (рис. 1, A_1 , $B-D_{1-2}$). Усиление одиночного раздражения ядер задних столбов приводило к возникновению в рубро-спинальных нейронах антидромных ПД, которые входили в конкурентное взаимодействие с ортодромными моносинаптическими ПД (рис. 1, $B-B_2$, $\Gamma-D_3$); при большей интенсивности раздражения антидромные ПД возникали в изолированном виде (рис. 1, $B-B_3$, $\Gamma-D_4$). Латентные периоды антидромных ПД на раздражение ядер задних столбов равнялись 0,12—1,40 мс (в среднем $0,59 \pm 0,32$ мс; $n=67$). Как было показано ранее (^{17,18}), отмеченные антидромные ПД являются результатом активации коллатералей аксонов рубро-спинальных нейронов, оканчивающихся в ядрах задних столбов. Они были зарегистрированы в 74,3% исследованных нейронов.

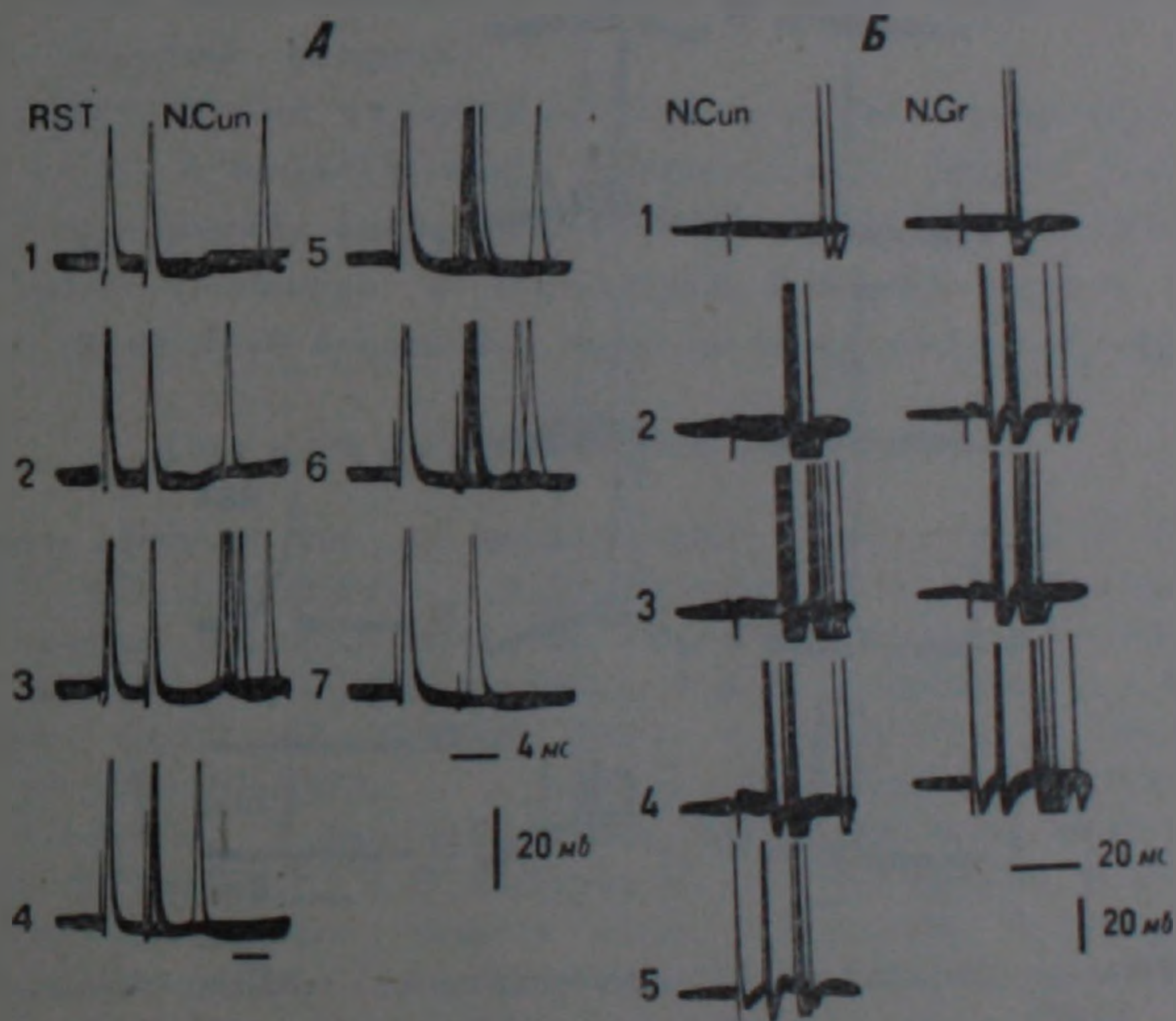


Рис. 2. Полисинаптические реакции рубро-спинальных нейронов на раздражение ядер задних столбов.

A и B —два разных нейрона. Сверху вниз—усиление интенсивности раздражения ядер задних столбов. A —первый стимул—антидромные ПД на раздражение рубро-спинального тракта; второй стимул—антидромные и полисинаптические ортодромные ПД на стимуляцию ядер задних столбов; отмечается сочетанное выявление антидромных и ортодромных ПД и уменьшение латентного периода последних при усилении раздражения. B —полисинаптические ортодромные ПД на раздражение ядер задних столбов. Показано укорочение латентного периода при увеличении интенсивности раздражения и возникновение антидромного ПД (нижние записи)

Помимо моносинаптического возбуждения стимуляция ядер задних столбов вызывала в рубро-спинальных нейронах полисинаптические

ские ответы. Последние характеризовались большим разбросом латентных периодов (для N. Сип—6,0—58,0 мс; для N. Сг—5,0—29,5 мс) и вариабельностью числа возникающих ПД (рис. 2, А, Б). При постепенном увеличении интенсивности стимуляции наблюдалось отчетливое укорочение латентных периодов полисинаптических ПД, возникновение антидромных ПД и последовательная антидромная и ортодромная активация рубро-спинальных нейронов на раздражение ядер задних столбов (рис. 2, Б). Лишь у некоторых нейронов усиление интенсивности раздражения не сопровождалось укорочением латентных периодов полисинаптических ПД (рис. 3₁₋₆).

У восьми исследованных нейронов стимуляция ядер задних столбов приводила к возникновению длительной деполяризации, характеризующейся латентным периодом 5,0—7,5 мс, временем нарастания 13,5—22,0 мс и общей длительностью 48,0—59,5 мс. Постепенное усиление раздражения приводило к градуальному возрастанию амплитуды деполяризации без изменения латентного периода ее возникновения, времени нарастания и общей длительности; указанная деполяризация могла сопровождаться ПД (рис. 3). В ряде случаев возникновение

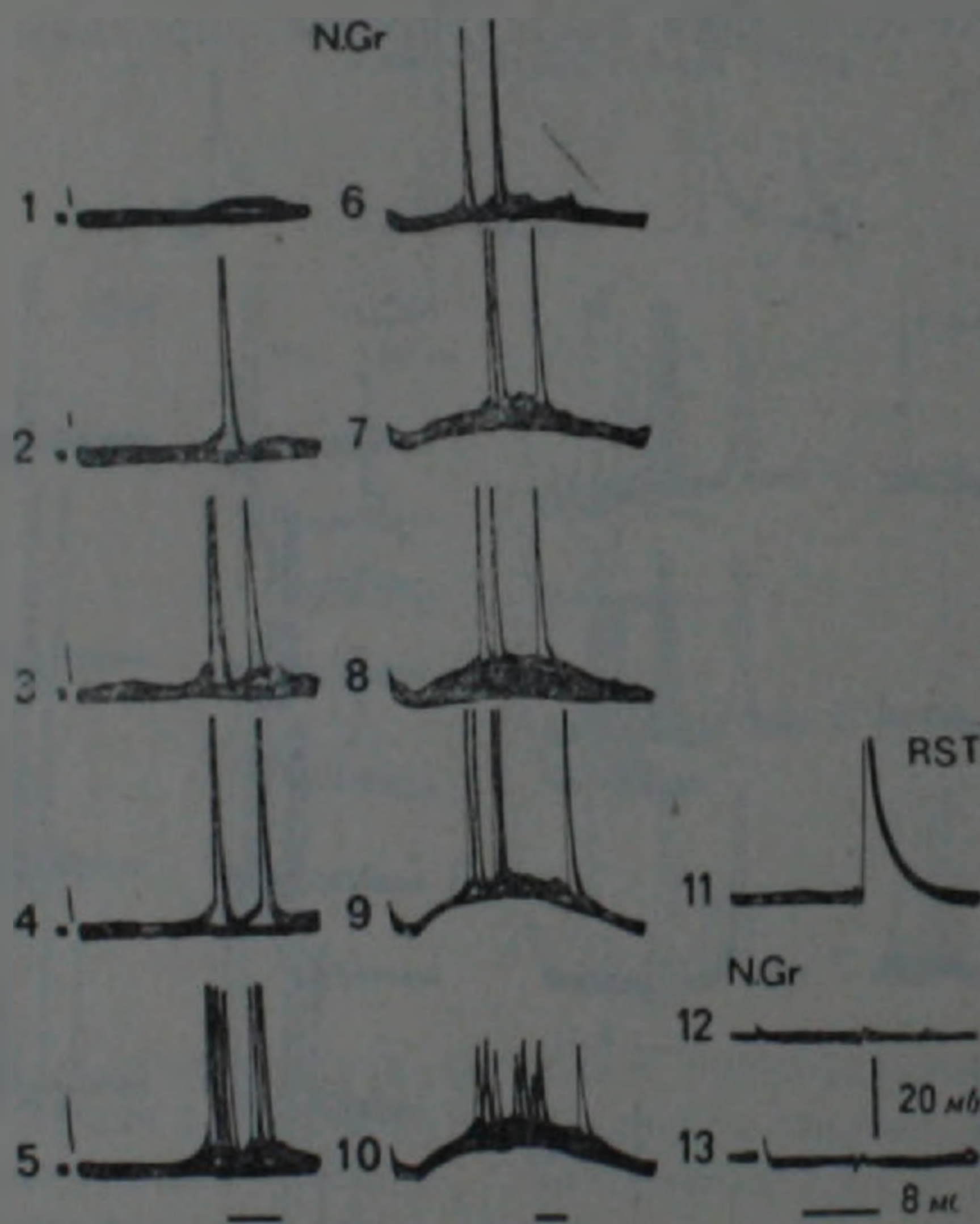


Рис. 3. Длительная деполяризация рубро-спинального нейрона, вызванная раздражением нежного ядра.

Сверху вниз—усиление интенсивности раздражения (1—10) при разных скоростях развертки луча (1—5 и 6—10). Отмечается возникновение длительной деполяризации при определенной интенсивности раздражения (6—10). 11—антидромные ПД на раздражение рубро-спинального тракта; 12, 13—экстраклеточные потенциалы поля после выхода микроэлектрода из клетки на раздражение рубро-спинального тракта (второй стимул) и на разные интенсивности раздражения нежного ядра (первый стимул)

последних не обнаруживало прямую зависимость от величины деполяризации. Имеется основание полагать ее дендритное происхождение. Такая динамика развития возбуждательных ответов не исключает воз-

возможности наличия параллельного механизма вовлечения аксо-соматических и аксо-дендритных синапсов на уровне одного нейрона.

Представленный материал указывает на моно- и полисинаптические возбуждающие влияния ядер задних столбов на рубро-спинальные нейроны. Последние на стимуляцию задних столбов обнаруживали и антидромную активацию, указывающую на наличие двусторонних связей между исследованными образованиями. Учитывая большую стабильность и частоту выявления антидромных ПД, можно предположить большую выраженность нисходящих проекций по сравнению с восходящими.

Институт физиологии им. Л. А. Орбели
Академии наук Армянской ССР

Զ. Ս. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Հայկական ՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս Վ. Բ. ՅԱՆԱՐՋՅԱՆ

Կատվի կարմիր կորիզ-ողնուղեղային նեյրոնների դրդումը
հրահրված հետին սյուների կորիզների խթանմամբ

Սուր փորձի պայմաններում կատուների մոտ միկրոէլեկտրոդային ներքջային արտածման մեթոդով ուսումնասիրվել են կարմիր կորիզ-ողնուղեղային նեյրոնների պատասխանները՝ հետին սյուների կորիզների մեկական էլեկտրական գրգռման դեպքում:

Ցույց է տրվել նշված գոյացությունների գրգռման ազդեցությամբ կարմիր կորիզի մոնո- և պոլիսինապտիկ ակտիվությունը, ինչպես նաև հետընթաց դրդումը, որը կարմիր կորիզ-ողնուղեղային նեյրոնների կողմնային ճյուղերի ներգրավման հետևանքն է: Ապացուցվել է կարմիր կորիզի և հետին սյուների կորիզների միջև երկուստեք, ուղղակի կապի առկայությունը:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ J. Massion, *Physiol. Rev.*, 47, 383—436 (1967). ² G. I. Allen, N. Tsukahara, *Physiol. Rev.*, 54, 957—1006 (1974). ³ В. В. Фанарджян, О нейронной организации эфферентных систем мозжечка, Наука, Л., 1975. ⁴ J. Massion, D. Albe-Fessard, *EEG and Clin. Neurophysiol.*, 15, 435—454 (1963). ⁵ В. В. Фанарджян, И. А. Манвелян, *Физиолог. журн. СССР*, 62, 499—509 (1976). ⁶ S. Nishio, H. Nakamura, *J. Neurophysiol.*, 36, 296—307 (1973). ⁷ J. S. King, D. M. Dom, G. F. Martin, *Brain Res.*, 67, 317—323 (1974). ⁸ Дж. С. Саркисян, В. В. Фанарджян, *Физиолог. журн. СССР*, 59, 1463—1472 (1973). ⁹ В. В. Фанарджян, Дж. С. Саркисян, В. И. Погосян, в сб.: Механизмы деятельности головного мозга, Мецниереба, Тбилиси, 392—401 (1975). ¹⁰ V. V. Fanardjian, I. A. Manvelian, *Neuroscience*, 3, 109—111 (1978). ¹¹ Y. Padel, T. Jeneskog, *Neuroscience Lett.*, 21, 177—182 (1981). ¹² В. В. Фанарджян, И. А. Манвелян, *Физиолог. журн. СССР*, 68, 896—903 (1982). ¹³ J. Massion, A. Urbano, *Arch. Ital. Biol.*, 106, 297—309 (1968). ¹⁴ M. D. Cheek, A. Rustioni, D. L. Trevino, *J. Comp. Neurol.*, 164, 31—46 (1975). ¹⁵ P. J. Hand, T. V. Winkle, *J. Comp. Neurol.*, 171, 83—110 (1977). ¹⁶ K. J. Berkley, P. J. Hand, *Brain Res.*, 153, 263—283 (1978). ¹⁷ В. В. Фанарджян, Дж. С. Саркисян, Н. К. Казарян, *Физиолог. журн. СССР*, 68, 235—243 (1982). ¹⁸ Дж. С. Саркисян, В. В. Фанарджян, Н. К. Казарян, *Физиолог. журн. СССР*, 68, 904—913 (1982).